

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-257252

(P2002-257252A)

(43) 公開日 平成14年9月11日 (2002.9.11)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	特許出願 (参考)
F 1 6 K 31/02		F 1 6 K 31/02	A 3 D 0 4 9
F 1 5 B 11/02		H 0 2 N 2/00	C 3 H 0 6 2
H 0 1 L 41/09		B 6 0 T 17/04	3 H 0 8 9
H 0 2 N 2/00		F 1 5 B 11/02	F 5 H 6 8 0
// B 6 0 T 17/04		H 0 1 L 41/08	J

審査請求 未請求 請求項の数20 O L 外国語出願 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-343887(P2001-343887)

(22) 出願日 平成13年10月4日 (2001.10.4)

(31) 優先権主張番号 09/679008

(32) 優先日 平成12年10月4日 (2000.10.4)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 500432686

ピステオン グローバル テクノロジーズ  
インコーポレイテッド

アメリカ合衆国 ミシガン州 48126, デ  
ィアボーン ワン パークレーン プール  
ヴァード パークレーン タワーズ イー  
スト スイート 728

(72) 発明者 ソヘル アンワー

アメリカ合衆国 ミシガン州 48187 キ  
ャントン フェアボーン ドライヴ 3171

(74) 代理人 100059959

弁理士 中村 稔 (外10名)

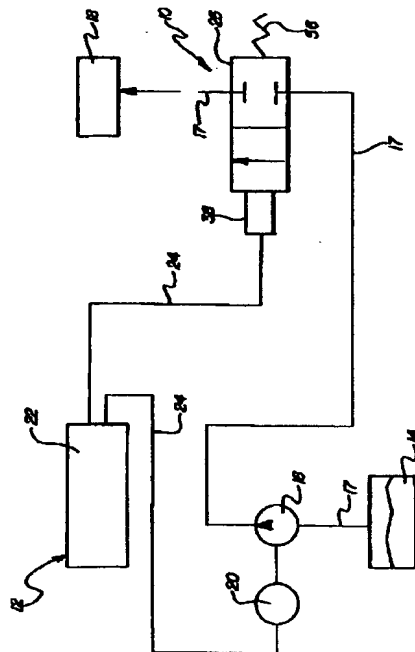
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液圧システム用アクチュエータ組立体

(57) 【要約】

【課題】 圧電 (P Z T) タイプの液圧弁のためのアク  
チュエータ組立体を提供する。

【解決手段】 液圧システム用アクチュエータ組立体  
は、流体源に流体的に接続され、弁スプールを通り抜けて  
アクチュエータへ流れる流体の流れを調整する該弁ス  
プールを有する液圧弁を持っている。アクチュエータ組  
立体は更に、圧電アクチュエータへの信号に応じて液圧  
弁を動かすようにその液圧弁に接続された圧電アクチュ  
エータをも持っている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 流体源に流体的に接続され、弁スプールを通り抜けてアクチュエータへ流れる流体の流れを調整する前記弁スプールを有する液圧弁と、  
圧電アクチュエータへの信号に応じて前記弁スプールを動かすようにその液圧弁に接続された前記圧電アクチュエータと、  
を有することを特徴とする液圧システム用アクチュエータ組立体。

【請求項2】 前記圧電アクチュエータは、ハウジングと、そのハウジング内に配置され、前記弁スプールに接続されたコアスプールとを有する請求項1記載のアクチュエータ組立体。

【請求項3】 前記圧電アクチュエータは、前記ハウジング内に配置され、前記コアスプールを動かすためにそのコアスプールと協働する少なくとも一つの圧電モータを有する請求項2記載のアクチュエータ組立体。

【請求項4】 前記圧電アクチュエータは、前記少なくとも一つの圧電モータと前記ハウジングとを接続する少なくとも一つの支持ばねを有する請求項3記載のアクチュエータ組立体。

【請求項5】 前記ハウジングは、その両端を貫通して軸方向に延びる開口を有する請求項2記載のアクチュエータ組立体。

【請求項6】 前記コアスプールは、前記開口を貫通して延びる直径が縮小された両端部を有し、それらの端部のうちの 하나가前記弁スプールに接続されている請求項5記載のアクチュエータ組立体。

【請求項7】 前記液圧弁はハウジングを有し、前記弁スプールはそのハウジング内に配置され、その中で動きうる請求項1記載のアクチュエータ組立体。

【請求項8】 前記ハウジングはその両端部を貫通して軸方向に延びる開口を有する請求項7記載のアクチュエータ組立体。

【請求項9】 前記弁スプールは、前記開口を貫通して延びる両端部を有する請求項8記載のアクチュエータ組立体。

【請求項10】 前記弁スプールの一端の付近に配置された少なくとも一つの再配置ばねを有する請求項9記載のアクチュエータ組立体。

【請求項11】 前記弁スプールの前記一端から半径方向に延びる保持部材を有し、前記再配置ばねは前記保持部材とハウジングの間に配置されている請求項10記載のアクチュエータ組立体。

【請求項12】 前記圧電アクチュエータを制御して前記弁スプールを直線的にどちらの方向にでも動かせるように、前記圧電アクチュエータと電気的に接続された制御器を有する請求項1記載のアクチュエータ組立体。

【請求項13】 流体源に流体的に接続され、弁スプールを通り抜けてアクチュエータへ流れる流体の流れを調

整する前記弁スプールを有する液圧弁と、  
圧電アクチュエータへの信号に応じて前記液圧弁を動かすように、その液圧弁に接続され、少なくとも一つの圧電モータを有する圧電アクチュエータと、  
を有することを特徴とする液圧システム用アクチュエータ組立体。

【請求項14】 前記圧電アクチュエータは、ハウジングと、そのハウジング内に配置され、前記弁スプールに接続されたコアスプールとを有する請求項13記載のアクチュエータ組立体。

【請求項15】 前記圧電アクチュエータは、前記ハウジング内に配置され、前記コアスプールを動かすためにそのコアスプールと協働する請求項14記載のアクチュエータ組立体。

【請求項16】 前記圧電アクチュエータは、前記少なくとも一つの圧電モータと前記ハウジングとを接続する少なくとも一つの支持ばねを有する請求項15記載のアクチュエータ組立体。

【請求項17】 前記ハウジングは、その両端を貫通して軸方向に延びる開口を有する請求項16記載のアクチュエータ組立体。

【請求項18】 前記コアスプールは、前記開口を貫通して延びる直径が縮小された両端部を有し、それらの端部のうちの 하나가前記弁スプールに接続されている請求項17記載のアクチュエータ組立体。

【請求項19】 前記弁スプールの一端の付近に配置された少なくとも一つの再配置ばねを有する請求項13記載のアクチュエータ組立体。

【請求項20】 内部に液圧流体を有するタンクと、  
前記液圧流体を受容するアクチュエータと、  
前記タンクから前記アクチュエータへと液圧流体を送るために前記タンクに流体的に接続されたポンプと、  
前記液圧流体を送るために前記ポンプを駆動するべく前記ポンプに接続されたモータと、  
前記タンク及び前記アクチュエータに流体的に接続された圧電アクチュエータ組立体と、  
前記液圧弁を通る液圧流体の流れを許容するべく前記圧電アクチュエータ組立体を制御するために、前記モータ及び前記アクチュエータ組立体に電気的に接続された制御器と、  
を有することを特徴とする液圧システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、広くは弁に関し、より具体的には、自動車用液圧システムのためのアクチュエータ組立体に関する。

【0002】

【関連技術の説明】 自動車等の車両、作業機械、工作機械やその他の種々の応用分野で利用される多数のシステムで、液圧弁を用いることが知られている。典型的に

は、自動車で、液圧弁は、アンチロックブレーキシステム (ABS) や、トラクションコントロールシステム (TCS) で、ブレーキシリンダ圧力を調整するために最も一般的に使用されている。

【0003】又、ブレーキバイワイヤ (BBW) 技術が、自動車製造者によって現在開発されつつあることも知られている。そのようなBBW技術の一つは電気・液圧制動であって、これも又、要求される制動を達成するために一群の弁を必要とする。作業機械では、液圧システムを通じてリンク機構や道具を必要な位置に動かすために弁が使用される。弁は、電磁ソレノイド又はパイロットシステムによって駆動される。しかし、電子的に制御される弁は、すべて電磁ソレノイドによって駆動される。

【0004】上記電磁ソレノイドが動作してきたが、それらは電磁干渉 (EMI) の不利益を受ける。もう一つの不利益は、電磁ソレノイドが一方向的、即ち、一方にしか動きを与えることができないことである。従って、ほとんどの二動作液圧弁では、その液圧弁の弁スプールの両端に配置された二つのソレノイドを使用する必要がある。

【0005】従って、電磁干渉を排除した液圧弁のアクチュエータ組立体を提供することが望まれている。又、液圧弁の弁スプールの両端の二つのソレノイドを必要としない両方向動作液圧弁のためのアクチュエータ組立体を提供することも望まれている。更に、ヒステリシスのない、より広い温度範囲で動作する、軽量の、液圧弁のためのアクチュエータ組立体を提供することも望まれている。従って、これらの要求を満たす液圧弁用のアクチュエータ組立体を提供することへの需要が、従来から存在する。

#### 【0006】

【発明の概要】従って、本発明は、液圧システムのためのアクチュエータ組立体であって、流体源に流体的に接続され、弁スプールを通り抜けてアクチュエータへ流れる流体の流れを調整する該弁スプールを有する液圧弁を持っている。このアクチュエータ組立体は更に、液圧弁への信号に応じてその液圧弁を動かすようにその液圧弁に接続された圧電アクチュエータをも持っている。

【0007】本発明の一つの利点は、圧電 (PZT) タイプの液圧弁のためのアクチュエータ組立体が提供されることである。本発明のもう一つの利点は、このアクチュエータ組立体は、液圧弁の弁スプールを動作させるために、電磁ソレノイドの使用を必要とせず、PZTアクチュエータを使用することである。本発明の更にもう一つの利点は、弁スプールを両方向に動かすために、アクチュエータ組立体が、両方向動作を簡単に得られ、二動作液圧弁のために唯1個のPZTアクチュエータが必要なかただけであることである。本発明の更にもう一つの利点は、このアクチュエータ組立体が、大きな保持力を持

ち、その結果、ばねが無しになるか、又はばねの大きさが小さくなる。本発明の更にもう一つの利点は、このアクチュエータ組立体によれば、電磁干渉が無くなり、コンポーネントの数が少なくなり、コストが削減されることである。本発明の更にもう一つの利点は、このアクチュエータ組立体によれば、弁の位置決め精度が上昇し、ヒステリシスが少なくなり、より広い温度範囲で動作し、しかも軽量 (より高い密度力 (density force)) である。

【0008】本発明のその他の特徴や利点は、添付図面を参照して発明の詳細な説明等を読むことによって、よりよく理解でき明らかとなるであろう。

#### 【0009】

【好ましい実施形態の説明】図面、特に図1に、本発明に係るアクチュエータ組立体10が、全体を符号12で示す液圧システムと協働する状態で示されている。液圧システム12は、液圧流体を取容するタンク14と、管又はホース17等の適当な手段でタンク14と流体的に接続されたポンプ16とを含む。アクチュエータ組立体10は、管又はホース17等の適当な手段で、ポンプ16及びブレーキシステム (図示せず) のキャリバ (図示せず) 等のアクチュエータ18と流体的に接続されている。液圧システム12は更に、ポンプ16を駆動するために連結具 (図示せず) 等の適当な手段でポンプ16と接続されているモータ20をも有する。液圧システム12は更に、パワーを供給してモータ20及びアクチュエータ組立体10を制御するために、電線24等の適当な手段でモータ20及びアクチュエータ組立体10と電気的に接続された電子制御器22をも有する。アクチュエータ組立体10は、ポンプ16からアクチュエータ18への液圧流体の流れを制御するものであると理解される。又、アクチュエータ組立体10以外は、液圧システム12は従来のものであって公知であることも理解される。

【0010】図1及び図2に示すように、本発明によるアクチュエータ組立体弁10は、液圧流体の流れを制御するための液圧弁25を有する。液圧弁25はハウジング即ちマニホールドブロック26を有し、マニホールドブロック26はその内部に流体チャンバ28を有し、流体チャンバ28はホース17に接続されている。図示のようにハウジング26はほぼ円筒形であるが、他の適当な構造も使用できる。ハウジング26は、その両端部を長手方向に貫通して延びる一つの開口30を有する。ハウジング26はアルミニウム等の金属材料からできている。ハウジング26は液圧シール (図示せず) を含む個々のコンポーネントの組立体である。

【0011】液圧弁25は更に、ハウジング26の流体チャンバ28内に配置されてその内部で動ける弁スプール32を有する。弁スプール32は、軸方向に、そしてハウジング26の開口30 (複数) を貫通して延びるシ

10

20

30

40

50

シャフト部34を有する。シャフト部34はほぼ柱形状であって、断面はほぼ円形である。弁スプール32は更に、複数の（好ましくは2個の）ディスク部36を有する。ディスク部36は、シャフト部34から半径方向に延び、又軸方向に間隔をあけて配置されている。ディスク部36の機能については後述する。ディスク部36はほぼ円形である。弁スプール32はアルミニウム等の金属材料からできている。弁スプール32は単一構造であって一体物である。液圧弁25は従来からある既知のものとして理解してよい。

【0012】アクチュエータ組立体10は更に、液圧弁25に接続された圧電アクチュエータ38を有する。これは、液圧弁25の中の弁スプール32を動かすためのものである。圧電アクチュエータ38は、チャンバ42を有するハウジング40を持つ。図示のようにハウジング40はほぼ筒形状を有するが、他の適当な構造を使用しても良い。ハウジング40はその両端を貫通して長手方向に延びる一つの開口44を有する。ハウジング40はアルミニウム等の金属材料からできている。ハウジング40は複数のコンポーネントからなる組立体である。

【0013】圧電アクチュエータ38は更にコアスプール46を有する。コアスプール46は、ハウジング40のチャンバ42内に配置され、その中で動けるようになっている。コアスプール46は、軸方向に延びるシャフト部48と、シャフト部48からハウジング40の開口44を貫通して軸方向に延びる微小直径の端部分（複数）50とを有する。端部分50の一つは、機械的締結具（図示せず）等の適当な手段によって、液圧弁25の弁スプール32に接続されている。シャフト部48はほぼ柱形状であって、断面形状はほぼ円形である。コアスプール46は鋼等の金属材料からできている。

【0014】圧電アクチュエータ38は更に、少なくとも一つ、好ましくは複数、好ましくは6個の圧電モータ52を有する。圧電モータ52は、コアスプール46から半径方向に延び、又その軸方向に間隔をあけて配置されている。その機能については後述する。圧電モータ52はほぼ長方形である。圧電モータ52はリニアモータであって、ズメリス(Zumeris)の米国特許第5,453,653号に開示されている。この引用によってその特許の開示内容はこの明細書に取り込まれる。圧電モータ52は、圧電プレートに基づくものであり、圧電プレートは、それを、励起ドライブとセラミック形状のもとで、長手方向に延びたモードのすぐ近くで、横方向の曲がり振動モードを励起させる。圧電モータ52は、電線等の適当な手段によって制御器22に接続されている。圧電アクチュエータ38は更に、チャンバ42内のモータ52とハウジング40との間に配置された少なくとも一つ、好ましくは複数の支持ばね54を有する。ばね54は、適当な手段によって、圧電モータ52及びハウジング40に接続されている。圧電モータ52は、広い移動範囲を持

ち、電磁干渉を受けないことを認識すべきである。又、圧電モータ52は、電場が与えられていないときに、内在的な停止力（失速力）を呈することも認識すべきである。更に又、圧電モータ52は既知であることも認識すべきである。

【0015】アクチュエータ組立体10は、少なくとも一つの再配置ばね56を有しても良い。再配置ばね56は、シャフト部34の一端の近くで、ハウジング26と保持部材58の間に配置されている。保持部材58は、シャフト部34から半径方向に延び、機械的締結具（図示せず）等の適当な手段によって、シャフト部34に接続されている。再配置ばね56はコイルばねである。再配置ばね56は、圧電アクチュエータ38が駆動されていないときに、弁スプール32を、予め決められた位置に戻す。再配置ばね56は、アクチュエータ位置の正確な制御がなされていないときにも存在することを認識すべきである。又、位置フィードバックが利用できる場合は、弁スプール32の位置の精度が問題にならない場合には、図3に示すように再配置ばね56を省略しても良いことを認識すべきである。

【0016】アクチュエータ組立体10の動作において、制御器22は、圧電アクチュエータ38に指令を出して、油等の液圧流体が液圧弁25を流れることを許容する。制御器22からのパワーが圧電モータ52に受け入れられ、そのパワーはコアスプール46に駆動周波数を与える。圧電モータ52がコアスプール46に結合されているので、コアスプール46に非対称の駆動力が加わり、動きを生じさせる。コアスプール46の機械的共鳴周波数よりもはるかに高い周波数の駆動力の周期性によって、無制限の移動のための連続的な滑らかな動きが許容される。しかも、高い解像度と位置決め精度が維持される。コアスプール46の直線的な動きによって、今度は弁スプール32が直線的に動かされ、それによって、ポンプ16から液圧弁25を経てアクチュエータ18への液圧流体の流れが制御され調整される。液圧弁25は、直線的圧電アクチュエータ38によって駆動される単一動作弁スプール32を有する単一動作弁であることを認識すべきである。

【0017】図4には、本発明のアクチュエータ組立体10の他の実施形態110を示す。アクチュエータ組立体10の部品と同様の部品について、100を加えた符号を付してある。本実施形態で、アクチュエータ組立体110は圧電アクチュエータ128を有する。圧電アクチュエータ128は、両方向動作液圧弁125と組み合わせ使用され、両方向の直線方向動作を作ることがができる。液圧弁125は、ハウジング126を有する。ハウジング126は、第1のホース17aによってタンク14に接続され、又、第2のホース17bによってポンプ16に接続されている。ハウジング126は又、第3のホース17cによってシリンダ（図示せず）のロッド

端部（RE）にも接続されている。そのシリンダは、ピストン（図示せず）と、そのピストンに接続されてシリンダの外に延びるロッド（図示せず）とを有する。ハウジング126は又、第4のホース17dによってシリンダのヘッド端部（HE）に接続されている。弁スプール132は更に、半径方向に延びて、ディスク部（複数）136の間に軸方向に間をあけて配置されたシール部160を有する。シール部160は、半径方向内側に、そして周方向に延びる溝162を有し、又、その溝162内に配置されたOリング等のシール164を有する。シール部160は、液圧流体がディスク部（複数）136の間を通過するのを防止する。

【0018】アクチュエータ組立体110は、再配置ばね156を弁スプール132のシャフト部134の両端の近くに有しても良い。一端では、ハウジング126と保持部材158の間に配置されてシャフト部134から半径方向に延び、他端では、ハウジング126と結合部166との間に配置されている。保持部材158は、シャフト部134から半径方向に延び、機械的締結具（図示せず）等の適当な手段によって、シャフト部134の一端に接続されている。結合部166は、弁スプール132のシャフト部134と、コアスプール146の端部150の両方に接続されている。再配置ばね156はコイルばねである。再配置ばね156は、圧電アクチュエータ138が駆動されていないときに、弁スプール132を、予め決められた位置に戻す。再配置ばね156は、アクチュエータ位置の正確な制御がなされていないときにも存在することを認識すべきである。又、位置フィードバックが利用できる場合か、弁スプール132の位置の精度が問題にならない場合には、図5に示すように再配置ばね156を省略しても良いことを認識すべきである。

【0019】アクチュエータ組立体110の動作において、制御器22は、圧電アクチュエータ138に指令を出して、油等の液圧流体が液圧弁125を流れることを

許容する。制御器22からのパワーが圧電モータ152に受け入れられ、そのパワーはコアスプール146に駆動周波数を与える（places）。圧電モータ152がコアスプール146に結合されているので、コアスプール146に非対称の駆動力が加わり、動きを生じさせる。コアスプール146の機械的共鳴周波数よりもはるかに高い周波数の駆動力の周期性によって、無制限の移動のための連続的な滑らかな動きが許容される。しかも、高い解像度と位置決め精度が維持される。コアスプール146の直線的な動きによって、今度は弁スプール132がどちらの方向にでも直線的に動かされ、それによって、ポンプ16、タンク14とアクチュエータ18の間の液圧弁125を通る液圧流体の流れが制御され調整される。液圧弁125は、直線的圧電アクチュエータ138によって駆動される二動作弁スプール132を有する二動作弁であることを認識すべきである。

【0020】以上、本発明を説明した。ここで使用した言葉は、説明することを意図したものであって、限界を示すものではないと理解すべきである。

【0021】上記教示に照らして、本発明の種々の修正や変更が可能である。従って、特許請求の範囲に記載の範囲内で、具体的に説明したものと異なる態様で本発明を実施することも可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】液圧システムとの協働状態にある本発明によるアクチュエータ組立体のブロック図である。

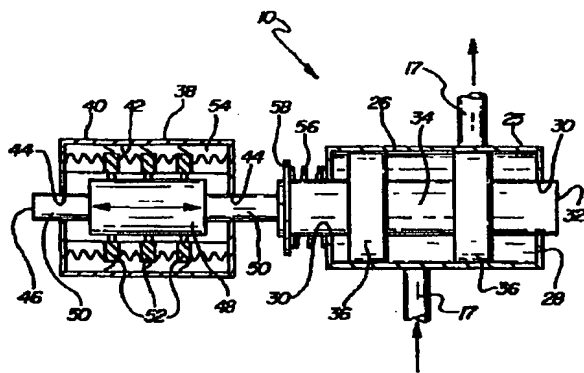
【図2】図1の液圧システムのアクチュエータ組立体と単一動作液圧弁の部分切欠き立面図である。

【図3】再配置ばねがない場合の図2と同様の図である。

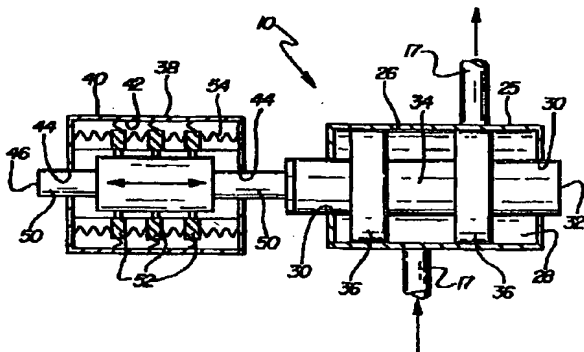
【図4】図1の液圧システムのアクチュエータ組立体と二動作液圧弁の、本発明による他の実施形態の部分切欠き立面図である。

【図5】再配置ばねがない場合の図2と同様の図である。

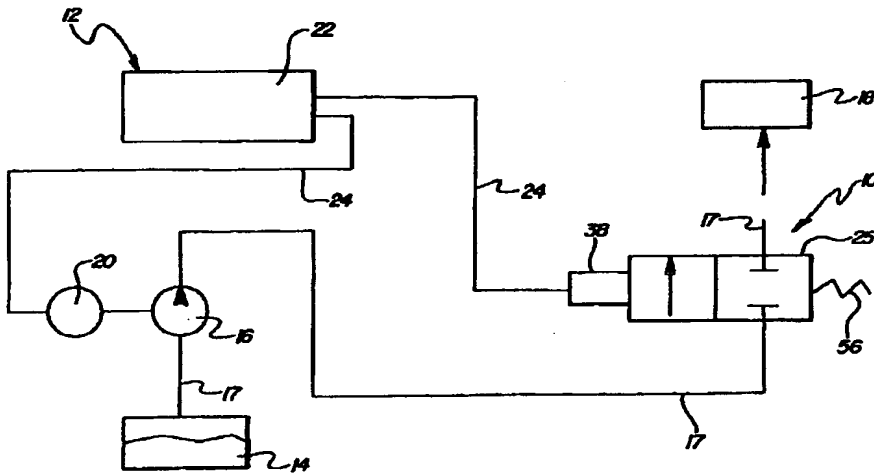
【図2】



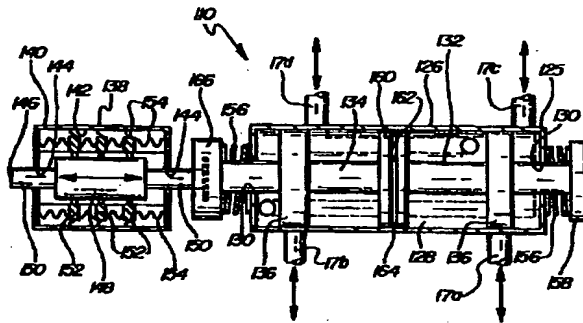
【図3】



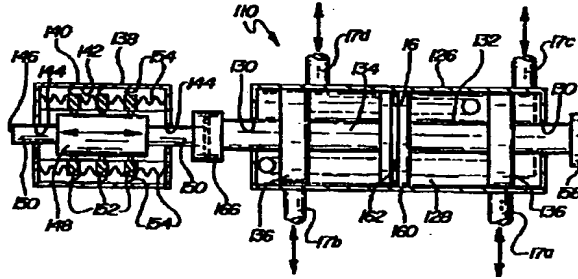
【図1】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I  
H 0 1 L 41/08

テーマコード(参考)

U

(72)発明者 ケヴィン ジェイ バヴロフ  
アメリカ合衆国 ミシガン州 48152 リ  
ヴォニア メイフィールド 20123  
(72)発明者 バーンズロック オー  
アメリカ合衆国 ミシガン州 48105 ア  
ン アーバー グリーン プリーア プー  
ルヴァード 3665 #142ビー

Fターム(参考) 3D049 BB17 BB26 BB32 HH25 JJ01  
JJ05 JJ07 JJ08  
3H062 AA06 AA16 BB06 BB10 BB11  
BB30 CC05 DD01 HH03 HH10  
3H089 AA22 BB16 BB21 BB27 DA02  
DA14 DB05 DB44 DB48 EE31  
GG02 GG08 HH29 JJ12  
5H680 AA06 BB13 BB19 BB20 CC01  
DD01 DD12 DD23 DD34 DD65  
GG02

【外国語明細書】

**ACTUATOR ASSEMBLY FOR HYDRAULIC SYSTEM****BACKGROUND OF THE INVENTION****1. Field of the Invention**

The present invention relates generally to valves and, more specifically, to an actuator assembly for a hydraulic system for a motor vehicle.

**2. Description of the Related Art**

It is known to provide a hydraulic valve in a number of systems that are used in vehicles such as motor vehicles, work machines, machine tools, and a variety of other applications. Typically, in motor vehicles, the hydraulic valves are most commonly used in an Anti-Lock Braking System (ABS) and a Traction Control System (TCS) to regulate brake cylinder pressure.

It is also known that a Brake-by-Wire (BBW) technology is currently being developed by motor vehicle manufacturers. One such BBW technology is electro-hydraulic braking which also requires a set of valves to achieve desired braking actions. In work machines, valves are used to move linkages and tools to a desired position through a hydraulic system. Valves are either actuated by an electromagnetic

solenoid or through a pilot system. However, all electronically controlled valves are actuated by an electromagnetic solenoid.

Although the above electromagnetic solenoids have worked, they suffer from the disadvantage of electromagnetic interference (EMI). Another disadvantage is that the electromagnetic solenoids are unidirectional, i.e., they can only impart motion in only one direction. As a result, it is necessary to use two solenoids for most dual action hydraulic valves, placed at both ends of a valve spool of the hydraulic valve.

Therefore, it is desirable to provide an actuator assembly for a hydraulic valve that eliminates electromagnetic interference. It is also desirable to provide an actuator assembly for a dual action hydraulic valve that eliminates the need for two electromagnetic solenoids at both ends of a valve spool of the hydraulic valve. It is further desirable to provide an actuator assembly for a hydraulic valve that is hysteresis free, operates in a wider range of temperatures, and are lightweight. Therefore, there is a need in the art to provide an actuator assembly for a hydraulic valve that meets these desires.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

Accordingly, the present invention is an actuator



assembly for a hydraulic system including a hydraulic valve fluidly connected to a source of fluid and having a valve spool for regulating flow of fluid therethrough to an actuator. The actuator assembly also includes a piezoelectric actuator connected to the hydraulic valve to move the valve spool in response to signals thereto.

One advantage of the present invention is that an actuator assembly is provided for a hydraulic valve that is of a piezoelectric (PZT) type. Another advantage of the present invention is that the actuator assembly eliminates the use of an electromagnetic solenoid and uses a PZT actuator to operate a valve spool of a hydraulic valve. Yet another advantage of the present invention is that the actuator assembly can easily obtain bi-directional motion to move a valve spool in both directions and only one PZT actuator is needed for a dual action hydraulic valve. Still another advantage of the present invention is that the actuator assembly has a high holding force, resulting in either the elimination of a spring or reduction of a size of the spring. A further advantage of the present invention is that actuator assembly eliminates electromagnetic interference, reduces components, and reduces cost. Yet a further advantage of the present invention is that the actuator assembly has better valve positioning accuracy, reduced hysteresis, operates in wider range of temperatures, and is lightweight (higher density force).

Other features and advantages of the present invention will be readily appreciated, as the same becomes better understood, after reading the subsequent description taken in conjunction with the accompanying drawings.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a block diagram of an actuator assembly, according to the present invention, illustrated in operational relationship with a hydraulic system.

FIG. 2 is a fragmentary elevational view of the actuator assembly and a single action hydraulic valve of the hydraulic system of FIG. 1.

FIG. 3 is a view similar to FIG. 2 without any repositioning springs.

FIG. 4 is a fragmentary elevational view of another embodiment, according to the present invention, of the actuator assembly and a dual action hydraulic valve of the hydraulic system of FIG. 1.

FIG. 5 is a view similar to FIG. 2 without any repositioning springs.

#### DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT(S)

Referring to the drawings and in particular to FIG. 1, one embodiment of an actuator assembly 10, according to the

present invention, is illustrated in operational relationship with a hydraulic system, generally indicated at 12. The hydraulic system 12 includes a tank 14 containing a hydraulic fluid and a pump 16 fluidly connected to the tank 14 by suitable means such as tubing or hoses 17. The actuator assembly 10 is fluidly connected to the pump 16 and an actuator 18 such as a caliper (not shown) of a brake system (not shown) by suitable means such as tubing or hoses 17. The hydraulic system 12 also includes a motor 20 connected to the pump 16 by suitable means such as a coupling (not shown) for driving the pump 16. The hydraulic system 12 further includes an electronic controller 22 electrically connected to the motor 20 and the actuator assembly 10 by suitable means such as wires 24 for providing power and controlling the motor 20 and the actuator assembly 10. It should be appreciated that the actuator assembly 10 controls the flow of hydraulic fluid from the pump 16 to the actuator 18. It should also be appreciated that, except for the actuator assembly 10, the hydraulic system 12 is conventional and known in the art.

Referring to FIGS. 1 and 2, the actuator assembly valve 10, according to the present invention, includes a hydraulic valve 25 to control the flow of hydraulic fluid. The hydraulic valve 25 includes a housing or manifold block 26 having a fluid chamber 28 therein, which is fluidly connected to the hoses 17. As illustrated, the housing 26 has a

generally cylindrical configuration although any other suitable configuration may be used. The housing 26 has an aperture 30 extending longitudinally through each end thereof. The housing 26 is made of a metal material such as aluminum. The housing 26 is an assembly of individual components including hydraulic seals (not shown).

The hydraulic valve 25 also includes a valve spool 32 disposed in the fluid chamber 28 of the housing 26 and movable therein. The valve spool 32 has a shaft portion 34 extending axially and through the apertures 30 of the housing 26. The shaft portion 34 is generally cylindrical in shape with a generally circular shaped cross-section. The valve spool 32 also has a plurality of, preferably two, disc portions 36 extending radially from and spaced axially along the shaft portion 34 for a function to be described. The disc portions 36 are generally circular in shape. The valve spool 32 is made of a metal material such as aluminum. The valve spool 32 is a monolithic structure being integral, unitary, and one-piece. It should be appreciated that the hydraulic valve 25 is conventional and known in the art.

The actuator assembly 10 also includes a piezoelectric actuator 38 connected to the hydraulic valve 25 for moving the valve spool 32 therein. The piezoelectric actuator 38 includes a housing 40 having a chamber 42. As illustrated, the housing 40 has a generally cylindrical

configuration although any other suitable configuration may be used. The housing 40 has an aperture 44 extending longitudinally through each end thereof. The housing 40 is made of a metal material such as aluminum. The housing 40 is an assembly of individual components.

The piezoelectric actuator 38 also includes a core spool 46 disposed in the chamber 42 of the housing 40 and movable therein. The core spool 46 has a shaft portion 48 extending axially and reduced diameter end portions 50 extending axially from the shaft portion 48 and through the apertures 44 of the housing 40. One of the end portions 50 is connected to the valve spool 32 of the hydraulic valve 25 by suitable means such as mechanical fasteners (not shown). The shaft portion 48 is generally cylindrical in shape with a generally circular shaped cross-section. The core spool 46 is made of a metal material such as steel.

The piezoelectric actuator 38 also has at least one, preferably a plurality of, preferably six, piezoelectric motors 52 extending radially from and spaced axially along the core spool 46 for a function to be described. The piezoelectric motors 52 are generally rectangular in shape. The piezoelectric motors 52 are of a linear motor type and is similar to that disclosed in U.S. Patent No. 5,453,653 to Zumeris, the disclosure of which is hereby incorporated by reference. The piezoelectric motor 52 is based on a

piezoceramic plate, which under excitation drive and ceramic geometry, enables it to excite a transverse bending vibration mode at close proximity to a longitudinal extension mode. The piezoelectric motors 52 are connected to the controller 22 by suitable means such as wires. The piezoelectric actuator 38 also includes at least one, preferably a plurality of supporting springs 54 disposed in the chamber 42 between the motors 52 and the housing 40. The springs 54 are connected by suitable means to the piezoelectric motors 52 and the housing 40. It should be appreciated that piezoelectric motor 52 has a wide travel range and is not susceptible to electromagnetic interference. It should also be appreciated that the piezoelectric motor 52 offer intrinsic stalling force when not electric field is applied. It should further be appreciated that the piezoelectric motors 52 are known in the art.

The actuator assembly 10 may include at least one repositioning spring 56 disposed about one end of the shaft portion 34 of the valve spool 32 between the housing 26 and a keeper member 58 extending radially from the shaft portion 34 and connected thereto by suitable means such as mechanical fasteners (not shown). The repositioning spring 56 is of a coil spring type. The repositioning spring 56 repositions the valve spool 32 to a predetermined position when the piezoelectric actuator 38 is not activated. It should be appreciated that the repositioning spring 56 is kept where

precise control of the actuator position is not implemented. It should also be appreciated that the repositioning spring 56 may be eliminated if position feedback is available or if the accuracy of the position of the valve spool 32 is not a problem as illustrated in FIG. 3.

In operation of the actuator assembly 10, the controller 22 commands the piezoelectric actuator 38 to allow flow of hydraulic fluid such as oil through the hydraulic valve 25. Power from the controller 22 is received by the piezoelectric motors 52 that places a driving frequency on the core spool 46. Because the motors 52 are coupled to the core spool 46, a non-symmetrical driving force is exerted on the core spool 46, causing movement. The periodic nature of the driving force at frequencies much higher than the mechanical resonance of the core spool 46 allows continuous smooth motion for unlimited travel, while maintaining high resolution and positioning accuracy. The linear movement of the core spool 46, in turn, moves the valve spool 32 linearly to control or regulate the flow of hydraulic fluid from the pump 16 through the hydraulic valve 25 to the actuator 18. It should be appreciated that the hydraulic valve 25 is a single action valve having a single action valve spool 32 actuated by a linear piezoelectric actuator 38.

Referring to FIG. 4, another embodiment 110, according to the present invention, of the actuator assembly

10 is shown. Like parts of the actuator assembly 10 have like reference numerals increased by one hundred (100). In this embodiment, the actuator assembly 110 has the piezoelectric actuator 128, which is capable of generating motion in both linear directions, used in combination with dual action hydraulic valve 125. The hydraulic valve 125 has the housing 126 connected by a first hose 17a, which is connected to the tank 14, and is connected by a second hose 17b to the pump 16. The housing 126 is also connected by a third hose 17c to a rod end (RE) of a cylinder (not shown) having a piston (not shown) and a rod (not shown) connected to the piston and extending out of the cylinder. The housing 126 is also connected by a fourth hose 17d to a head end (HE) of the cylinder. The valve spool 132 also includes a seal portion 160 extending radially from and spaced axially between the disc portions 136. The seal portion 160 has a groove 162 extending radially inward and circumferentially and a seal 164 such as an O-ring disposed in the groove 162. The seal portion 160 prevents hydraulic fluid from passing between the disc portions 136.

The actuator assembly 110 may include a repositioning spring 156 disposed about both ends of the shaft portion 134 of the valve spool 132 between the housing 126 and a keeper member 158 extending radially from the shaft portion 134 at one end and a coupling 166 at the other end. The keeper member 158 is connected to the shaft portion 134 by



suitable means such as mechanical fasteners (not shown). The coupling 166 is connected to both the shaft portion 134 of the valve spool 132 and the end portion 150 of the core spool 146. The repositioning springs 156 are of a coil spring type. The repositioning springs 156 reposition the valve spool 132 to a predetermined position when the piezoelectric actuator 138 is not activated. It should be appreciated that the repositioning springs 156 are kept where precise control of the actuator position is not implemented. It should also be appreciated that the repositioning springs 156 may be eliminated if position feedback is available or if the accuracy of the position of the valve spool 132 is not a problem as illustrated in FIG. 5.

In operation of the actuator assembly 110, the controller 22 commands the piezoelectric actuator 138 to allow flow of hydraulic fluid such as oil through the hydraulic valve 125. Power from the controller 22 is received by the piezoelectric motors 152 that places a driving frequency on the core spool 146. Because the motors 152 are coupled to the core spool 146, a non-symmetrical driving force is exerted on the core spool 146, causing movement. The periodic nature of the driving force at frequencies much higher than the mechanical resonance of the core spool 146 allows continuous smooth motion for unlimited travel, while maintaining high resolution and positioning accuracy. The linear movement of

the core spool 146, in turn, moves the valve spool 132 in either direction linearly to control or regulate the flow of hydraulic fluid between the pump 16, tank 14, and actuator 18 through the hydraulic valve 125. It should be appreciated that the hydraulic valve 125 is a dual action valve having a dual action valve spool 132 actuated by a linear piezoelectric actuator 138.

The present invention has been described in an illustrative manner. It is to be understood that the terminology, which has been used, is intended to be in the nature of words of description rather than of limitation.

Many modifications and variations of the present invention are possible in light of the above teachings. Therefore, within the scope of the appended claims, the present invention may be practiced other than as specifically described.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. An actuator assembly for a hydraulic system comprising:

a hydraulic valve fluidly connected to a source of fluid and having a valve spool for regulating flow of fluid therethrough to an actuator; and

a piezoelectric actuator connected to said hydraulic valve to move said valve spool in response to signals thereto.

2. An actuator assembly as set forth in claim 1 wherein said piezoelectric actuator includes a housing and a core spool disposed in said housing and connected to said valve spool.

3. An actuator assembly as set forth in claim 2 wherein said piezoelectric actuator includes at least one piezoelectric motor disposed in said housing and cooperating with said core spool to move said core spool.

4. An actuator assembly as set forth in claim 3 wherein said piezoelectric actuator includes a least one supporting spring interconnecting said at least one piezoelectric motor and said housing..

5. An actuator assembly as set forth in claim 2 wherein said housing has an aperture extending axially through each end thereof.

6. An actuator assembly as set forth in claim 5 wherein said core spool has reduced diameter ends extending through said aperture, one of said ends being connected to said valve spool.

7. An actuator assembly as set forth in claim 1 wherein said hydraulic valve includes a housing, said valve spool being disposed in and moveable in said housing.

8. An actuator assembly as set forth in claim 7 wherein said housing has an aperture extending axially through each end thereof.

9. An actuator assembly as set forth in claim 8 wherein said valve spool has ends extending through said aperture.

10. An actuator assembly as set forth in claim 9 including at least one repositioning spring disposed about one end of said valve spool.

11. An actuator assembly as set forth in claim 10 including a keeper member extending radially from the one end of said valve spool, said repositioning spring disposed between said keeper member and said housing.

12. An actuator assembly as set forth in claim 1 including a controller electrically connected to said piezoelectric actuator to control said piezoelectric actuator to move said valve spool linearly in either direction.

13. An actuator assembly for a hydraulic system comprising:

a hydraulic valve fluidly connected to a source of fluid and having a valve spool for regulating flow of fluid therethrough to an actuator; and

a piezoelectric actuator connected to said hydraulic valve and including at least one piezoelectric motor to move said valve spool in response to signals thereto.

14. An actuator assembly as set forth in claim 13 wherein said piezoelectric actuator includes a housing and a core spool disposed in said housing and connected to said valve spool.

15. An actuator assembly as set forth in claim 14 wherein said piezoelectric motor is disposed in said housing and cooperating with said core spool to move said core spool.

16. An actuator assembly as set forth in claim 15 wherein said piezoelectric actuator includes a least one supporting spring interconnecting said at least one piezoelectric motor and said housing.

17. An actuator assembly as set forth in claim 16 wherein said housing has an aperture extending axially through each end thereof.

18. An actuator assembly as set forth in claim 17 wherein said core spool has reduced diameter ends extending through said aperture, one of said ends being connected to said valve spool.

19. An actuator assembly as set forth in claim 13 including at least one repositioning spring disposed about one end of said valve spool.

20. A hydraulic system comprising:  
a tank having hydraulic fluid therein;

an actuator for receiving the hydraulic fluid;

a pump fluidly connected to said tank to pump hydraulic fluid from said tank to said actuator;

a motor connected to said pump to drive said pump to pump the hydraulic fluid;

a piezoelectric actuator assembly fluidly connected to said tank and said actuator; and

a controller electrically connected to said motor and said actuator assembly to control said piezoelectric actuator assembly to allow flow of hydraulic fluid through said hydraulic valve.

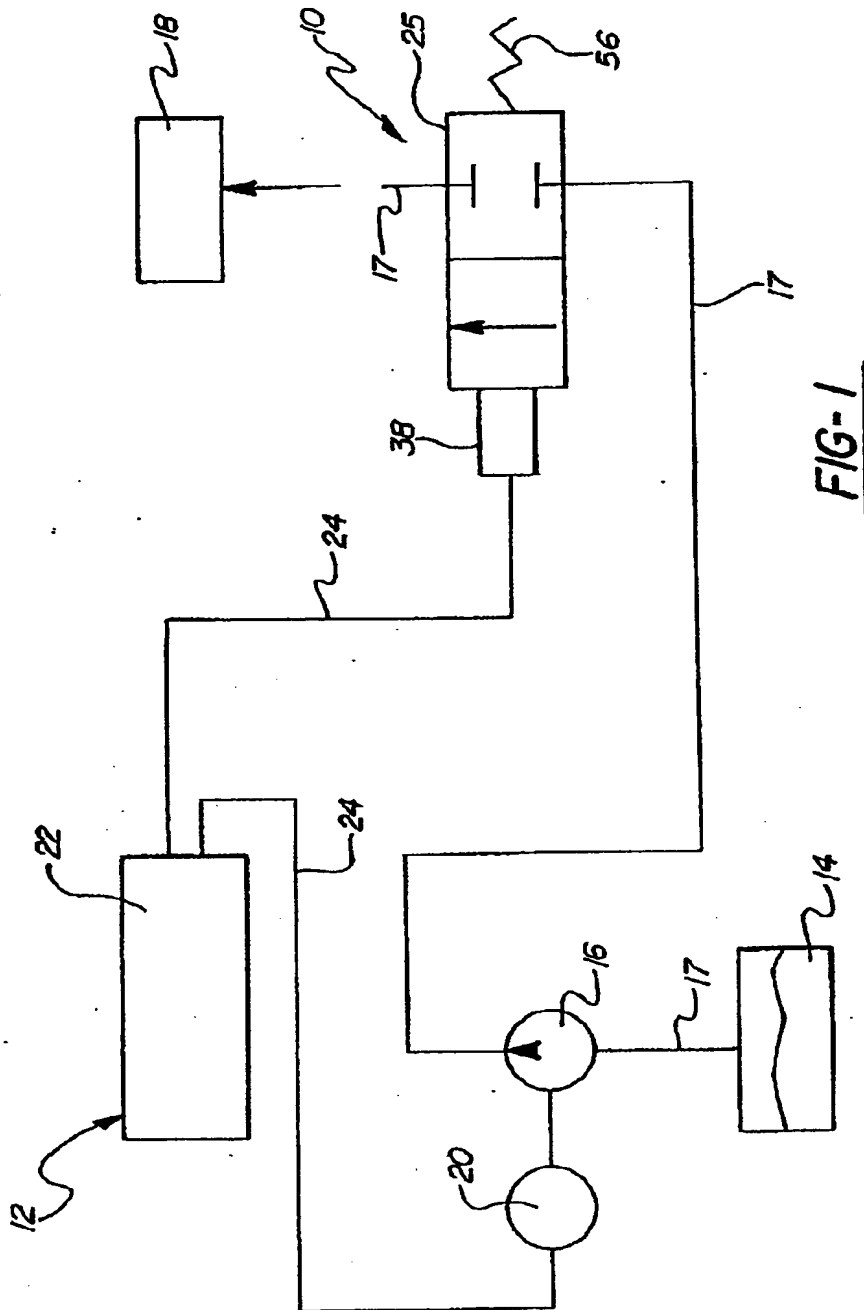
FIG-1



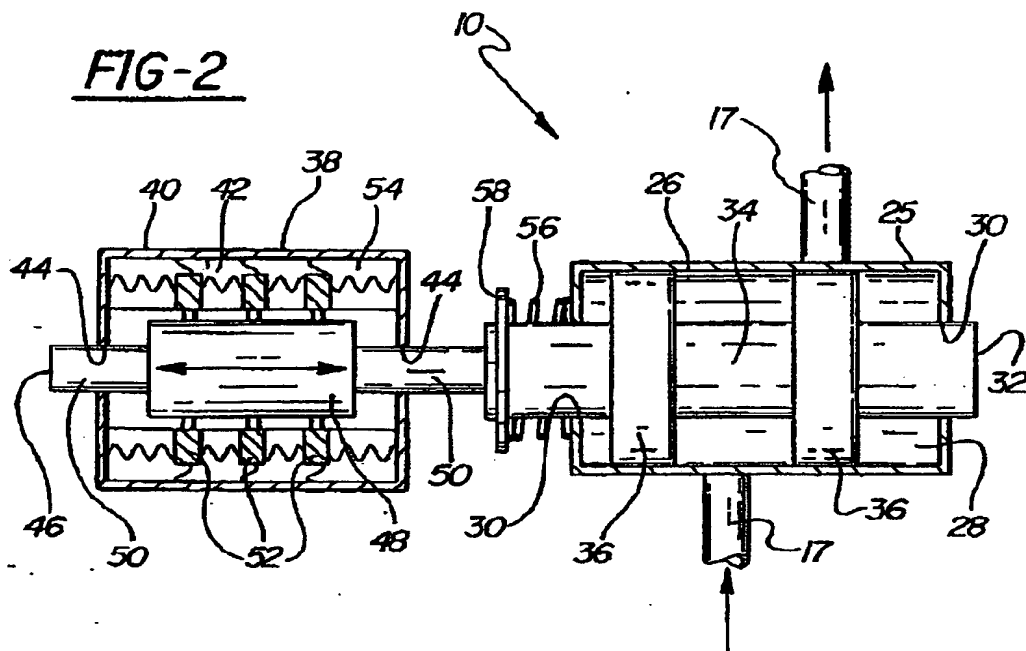
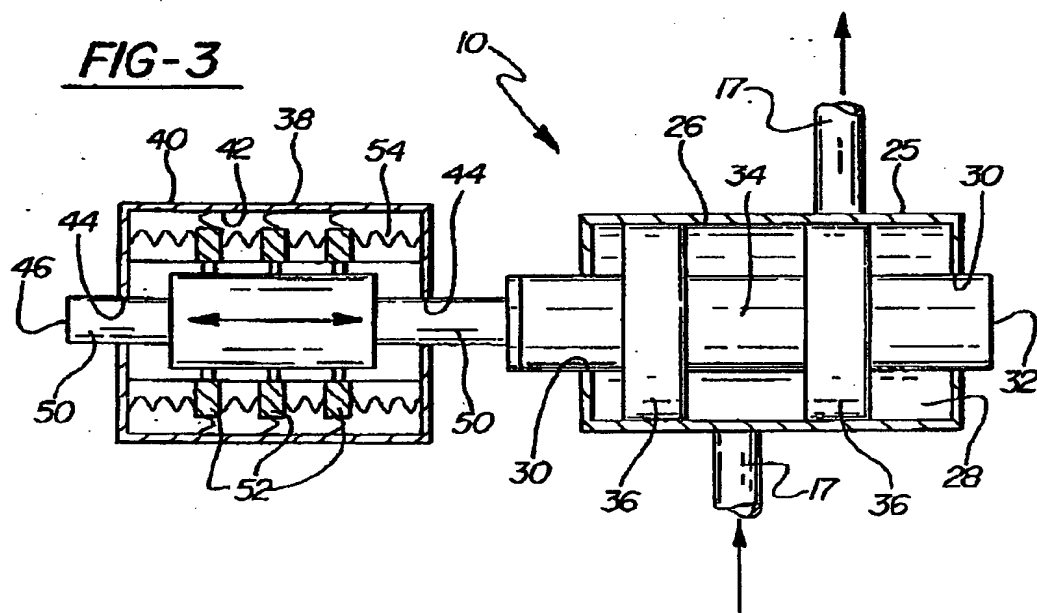
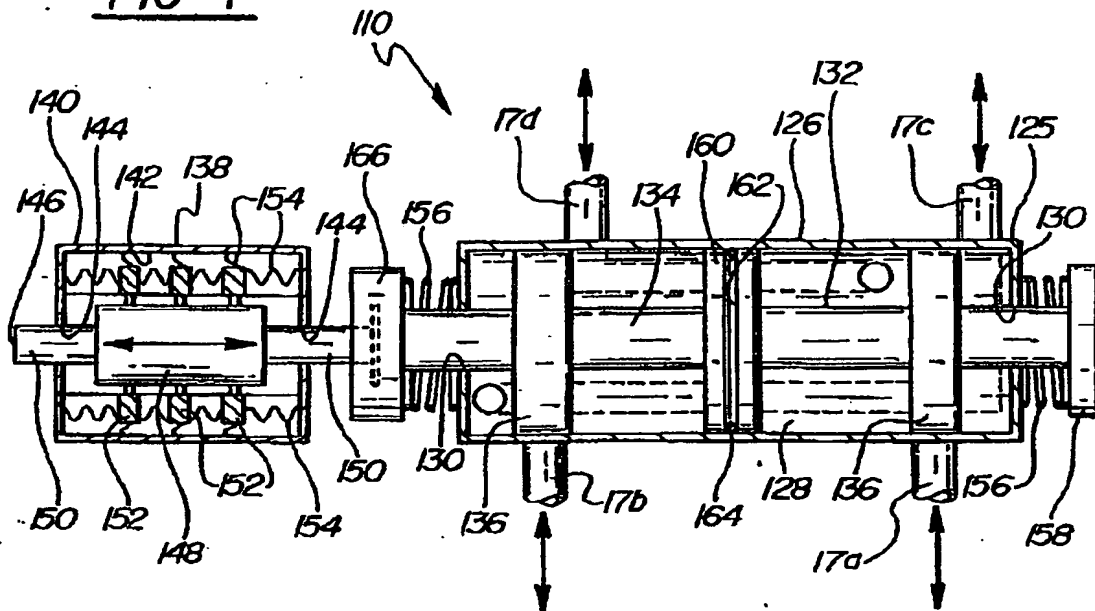
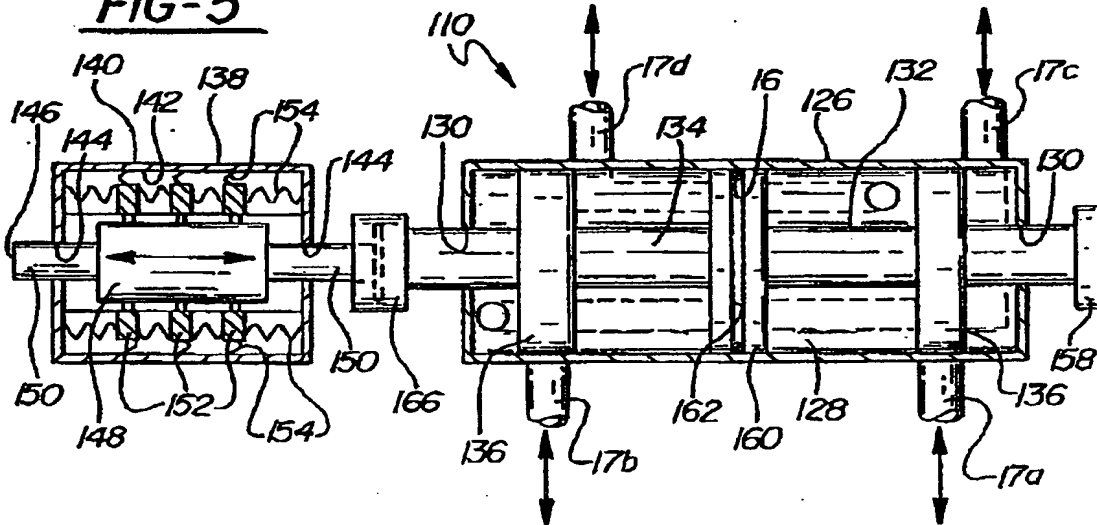
FIG-2FIG-3

FIG-4FIG-5

**ACTUATOR ASSEMBLY FOR HYDRAULIC SYSTEM****ABSTRACT OF THE DISCLOSURE**

An actuator assembly for a hydraulic system includes a hydraulic valve fluidly connected to a source of fluid and having a valve spool for regulating flow of fluid therethrough to an actuator. The actuator assembly also includes a piezoelectric actuator connected to the hydraulic valve to move the valve spool in response to signals thereto.

PAT-NO: JP02002257252A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002257252 A

TITLE: ACTUATOR ASSEMBLY  
FOR HYDRAULIC SYSTEM

PUBN-DATE: September 11, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ANWAR, SOHEL

N/A

PAVLOV, KEVIN J

N/A

OH, PAHNGROC

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

VISTEON GLOBAL TECHNOLOGIES INC

N/A

APPL-NO: JP2001343887

APPL-DATE: October 4, 2001

PRIORITY-DATA: 2000679008 ( October 4, 2000)

INT-CL (IPC): F16K031/02, F15B011/02 ,  
H01L041/09 , H02N002/00 , B60T017/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an actuator assembly for a piezoelectric(PZT) type hydraulic valve.

SOLUTION: The actuator assembly for a hydraulic system is connected via a fluid source with fluid, and has the hydraulic valve, having a valve spool for adjusting flow of the fluid flowing to an actuator through the valve spool. The actuator assembly further has a piezoelectric actuator connected to the hydraulic valve, so as to move the hydraulic valve in response to a signal to the piezoelectric actuator.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**